

Kaya Mekaniği

Kaya Mekaniği Öğretimine İlişkin Rapor

im J Mock Mech.Min.Sci and GeomechAbstr.Vol20, no A, 1933

Çeviren

Mustafa KARABIYIKOĞLU,
MTA. Genel Müdürlüğü, ANKARA

1. ARAŞTIRMAYA GELEN YANITLARIN ÖZETİ:

Kaya mekaniği öğretimi konusunda yapılan ilk araştırmaya (1978-1979) toplam 104 yanıt alınmış ve bu komi.syo.ii tarafından incelenmiştir. Yanıtlar hemen hemen eşit olarak maden ve inşaat mühendisliği bölümleri veya enstitüleri arasında dağılmıştır. Mühendislik jeolojisi, petrol mühendisliği ve jeoloji bölümleri de bu araştırmada temsil edilmiştir. (Kısa olarak hazırlanmış ek bir form'a 1980 yılında, ilave yanıtlar da alınmıştır; ancak bu form. Bölüm, l'de sunulanlara veri sağlayacak düzeyde ayrıntılı değildir) aşağıdaki paragraflar bu ilk araştırmaya gelen, bazı yanıtları özetlemektedir.

1.1 Ulusal Gruplar Kapsamında Yanıtların Sayısı

1. Avustralya	12
2, Avusturya	3
3. Arjantin	1
4. Belçika.	4
5. Brezilya	3
6. Kanada	15
7. Federal Almanya Cumhuriyeti	7
8. Finlandiya	1.
9. Fransa.	5
10. italya	1
.11... Japonya	7
12. Hollanda	1
B.YeüZeüanda	1

14. Norveç	1
15. Polonya	3
16. Portekiz	2
17. İsveç	2
18. İngiltere	5
19.A.BD.	26
20. Yugoslavya	5

1.2. Lisans, Mühendislik Diploması, Master veya Doktora Programlarında Jeoteknik Mühendisliğinin (Kaya Mekaniği, Mühendislik Jeolojisi ve/veya Zemin .mekaniği) Asıl Yoğunlaşma. Alanı Olarak. Sunulduğu Derece Programları Jeoteknik. mühendisliğinin verildiği bir derece programında ulaşılan en üst düzey, aşağıdaki, gibi rapor edilmiştir:

Doktora (PhJ>.)	54	(% 52)
Master	15	(%14)
Mühendislik Diploması	11	(% i 1)
Lisans	7	(%7)
Hiçbiri	17	(%16)
Toplam	104 enstitü	(%100)

1.3 nolu bölümde tartışılacağı, üzere» doktora (PhJ>.) programları veren 54 enstitünün yaklaşık olarak yarısı başlıca kaya mekaniği konusunda yoğunlaşmaktadır.

1.3 Kaya Mekaniğine ilişkin Yaygın Programlar Jeoteknik Mühendisliği konusunda doktora, programı be-

Kaya Mekaniği

lunan 54 enstitünün yaklaşık olarak yansı kaya mekaniği konusunda da yaygın bir program sunmuşlardır. BUDUO sonucu olarak son 8 yılda öçten fazla kaya mekaniği doktora tezi olmak üzere, Master veya Mühendislik Diploması (Diploma Engineer) düzeyinde her yıl en. azından 80 saattik kaya mekaniği dersi (yaklaşık olarak 2. dönemlik kaya. mekaniği kursu) gören dörtten fazla öğrenci mezun etmişlerdir;.

24 enstitünün 21i (%87.5) kaya mekaniği öğrenim programının bir bölümü olarak,, zemin mekaniği (soil mechanics) ve mühendislik jeolojisi kurslarından her ikisinin, de alınmasının istenildiğini veya tavsiye edildiğini, belirtmişlerdir. (Diğer 80 enstitünün daha. düşük orandaki bir bölümü ise (%63), kaya mekaniği öğretim programının gereği, olarak, zemin ve/veya mühendislik jeolojisinin istenildiğine veya tavsiye edildiğine işaret etmişlerdir.)

Kaya mekaniği konusunda yaygın master ve doktora, programlarına sahip 24 enstitünün yaklaşık olarak % 25-40*1, çoğunlukla lisans düzeyinde jeoteknik programı içermekle beraber, 'bu düzeyde çok az, kaya. mekaniği öğretmektedirler..

1.4. Kaya. Mekaniği, Zemin Mekaniği, ve Mühendislik Jeolojisi arasındaki etkileşimin miktarı ve daha fazla, etkileşime olan gereksinim kaya mekaniği,, zemin mekaniği ve mühendislik jeolojisinden oluşan bu üç jeoteknik disiplini arasındaki etkileşimin önemine, yanıt verenlerin pek çoğu tarafından değinilmiştir.

% 40: Programlar' önemli ölçüde disiplinler arası etkileşim içermekte; daha fazla etkileşime gerek duyulmadı.

% 38: Programlar önemli ölçüde disiplinler .arası etkileşim içermekte; daha fazla etkileşim tercih edilebilir.

% 19: 'Programlar önemli ölçüde disiplinler arası etkileşimden yoksun; daha fazla etkileşim tercih edilebilir.

% 3: Programlar önemi ölçüde disiplinler arası- etkileşimden yoksun;'daha fazla etkileşime gereksinim duyulmadı.

Komisyon üyeleri yanıtları irdelediğinde, bu. yanıtların olduğundan daha. fazla bir düzeyde disiplinler arası bir etkileşimin varlığını belirtmeye yönelik olduğu-

nu, bunun da olasılıkla, belirli bir düzeyde yanıtlayıcıları ortaya koyduklarından zi.ya.de. hedeflerini yansıttığını gördüler.

Pek çok yanıtta ter jeoloji bölümü ile bir mühendislik bölümü .arasındaki jeoteknik program eşgüdümünün zorluğuna değinildi; bazı örneklerde jeoloji bölümünün mühendislik uygulamalarına çok az ilgi duyduğuna dikkat çekildi, Madencilik programındaki kaya mekaniği ve mühendislik programındaki zemin mekaniği .arasındaki eşgüdüm sorunlarına da değinildi. Diğer yandan, inşaat, mühendisliği programlarının pek çoğu kendi zemin mekaniği ve kaya mekaniği, programlarının birleştirildiğini belirtti. Örneğin kaya ve zemin şevlerinin, duraylığı veya zemin ve kayalarda tünel açmaya ilişkin kurslar verilmesi gibi,, Kaya mekaniğinde geliştirilen kavramlar, zemin, mekaniği temel mühendisliği grupları oda geliştirilmiş, jeoteknik programları ile bütünleştirilmektedir. Pek çok. ülkede arzo edilen durum, hem zemin, hem de kaya mekaniği sorunlarının üstesinden gelebilecek, eğilimi almış bulunan jeoteknik mühendisleridir..

Bu. durum, sert. kaya ve yumuşak zemin arasındaki dokanağın çok belirgin olduğu bazı İskandinav ülkelerinde biraz daha farklıdır. Bazı İskandinav inşaat mühendisliği grupları, hemen, hemen bütünüyle, kaya sorunlarına konsantre olmuşlardır. Dünyadaki madencilik. bölümlerinin pek çoğu da, zemin mekaniği, programlan. geliştirmeksizin, kaya mekaniği konusunda konsantre olmuşlardır.

Bazı üniversitelerde,, maden ve inşaat mühendisliği arasında daha fazla etkileşime açık bir eğilim/gelişim vardır. Örneğin önde gelen bir üniversitenin maden mühendisliği,, inşaat mühendisliği ve rn.uhendislik jeolojisi bölümlerinin her birinde, gruplar (bölümler) arasında önemli etkileşimin de sağlandığı, ayn kaya mekaniği programları vardır; diğer bir üniversitede ise- inşaat ve maden mühendisliği, bir bölüm (department) altında toplanmıştır. Ana programları bir alana (konuya.)¹ yönelik diğer üniversiteler, diğer alandaki, (konudaki) bazı sorunlar üzerinde de .araştırma, yapmaktadırlar. Örneğin, önde gelen bir inşaat mühendisliği bölümü,, bir yöredeki sübsidans ve bunun burada bulunan terkedilmiş kömür ocakları, içi yapılarındaki etkileri üzerine de arazi ölçümleri, yapmaktadır.

Kaya Mekaniği

1.5. Kaya Mekaniği /Zemin Mekaniği Öğrencileri İçin Önerilen veya Öngörülen Jeoloji Arazi Kursu

Enstitülerin pek çoğu öğrencilerinin herhangi bir öğrenim dönemi, sırasında jeoloji arazi kursu almalarını önermekte veya gerekli görmektedir. 104 enstitüden 9'u jeoloji arazi kursunu gerekli görmemekte veya önermemektedir. ilginçtir ki bu 9 enstitüden 5 tanesi doktora (Ph.D.) düzeyinde yoğun kaya mekaniği programı içeren 24 enstitü arasında yer almaktadır. Diğer bir değişle, kaya mekaniği konusunda, ileri düzeyde yoğun programlar içeren 24 enstitünün % 82'si jeoloji arazi kursunu önermiş veya gerekli görmüştür. Öte yandan diğer 80 enstitünün, %95'i jeoloji arazi kursunu önermiş veya gerekli görmüştür.,

1.6. Endüstri ile işbirliği

Endüstri ile ilişki kurulmasına ilişkin sorunlara gelen yanıtlar aşağıda, özetlenmiştir (Çizelge 1). Yanıtlayıcıların pek çoğu 2 veya 3 .alanda, işbirliğine dikkati çektiler.,

Endüstri ile işbirliği (Çizelge 1) a, b ve c alanlarında en. yüksek düzeydedir. Enstitülerin % 50'ye yakın, bir

bölüm! endüstri ile- önemli veya orta derecede işbirliği yapmaktadır..

104 enstitüden 21. tanesinin (% 20'si bazılara™ endüstride çalışan- öğrencileri olmasına rağmen) endüstri ile fakülte bazında doğrudan ilişkisi az ile çok az arasında olmuştur; Bo enstitülerden Tsi doktora programı vermektedir. Doktora programları sunan 54 enstitünün endüstri ile 5- alanın her birinde olan ilişkisi, doktora programları sunmayan enstitülerin ilişkileri ile aynı derecede olmuştur, 24 enstitü endüstri ile daha fazla ilişki kurmaya gereksinme olmadığını belirtmiştir. Bu "Hayır" yanıtı, veren. 24 enstitünün 14'ü, 2 veya 3 alanda endüstri ile büyük ölçüde işbirliği yapmıştır. Diğer 8'i ise en azından, bir alanda olmak üzere büyük ölçüde işbirliği yapmıştı. Böylece "Hayır" yanıtlarının en azından. üçte ikisi (2/3),, endüstri ile işbirliği konusuna ilgi göstermemekten ziyade, yeterli bir düzeyde işbirliği görüşünü, ortaya koymuştur.

1.7 .Mezunların İstihdam Alanları

Aşağıdaki Çizelge 2 jeoteknik programlarından mezen olan öğrencilerin istihdam edildikleri alanları göstermektedir..

Çizelge 1, Endüstri ile ilişki kurulmasına ilişkin sorunlara gelen yanıtlar.

	Yanıtlayıcıların sayısı	
	Önemli-orta. düzeyde ilişki.	Daha fazla, ilişkiye gereksinme
a. Laboratuvar .araştırması yapanlar	44 (<%42)	8 (%8)
b. Mühendislik projelerinde arazi çalışması yapanlar	49 (%47)	8 (%8)
c. Endüstride "part time" çalışan öğrencileri olanlar	37 (:%36)	9 (%9)
d. Endüstri ile "part time" bazında fakülte ilişkisi	13 (%12)	12 (%11) •
e. Danışman servisler-uzman tavsiyesi	53 (%53)	9 (%9)
f. a,b,d,e alanlarında "az", "çok. az" ilişki yanıtı verenler		21 (%20)
g. Fazla ilişkiye gereksinimi "yok "yanıtı verenler		24 (%23)
h. 'Fazla, ilişkiye gereksinmeye "evet" yanıtı verenler		23 (%22)

Kaya Mekaniği

Çizelge 2. İstihdam Editmiş Mezunların Yüzde Oranları

İstihdam alanı	Lisans (%)	Master (%)	Doktora. (%)
Madencilik Firmaları	21	27	9
İnşaat Mühendisliği			
Tasarım Firmaları	18	14	6
İnşaat Firmaları	13	22	41
Saha Etitdleri	—	43	22
Danışmanları	10	7	12
Araştırma	2	8	17
Üniversite Öğr.Gör.	0	3	14
Devlet Kuruluşları	16	5	8
Mühendislik Dışı ve Diğer	20	17	10
Öğrencilerin Top. Sayısı	1360	1266	76

Çizelge 3* Yanıt Veren Enstitülerin Sayısı

Lisans düzeyinde verilen ve içeriğinin % 20'den fazlasını kaya. mekaniği oluşturan kursların sayısı	Enstitülerin toplamı	En azından 20 saatlik kaya mekaniği dersi okuyarak mezun olan lisans öğrencilerinin yıllık, mezun sayısı					
		0	1-4	4-8	8-15	15-30	30'dan fazla
0	17*	17	0	0	0	0	0
1	14	2	1	2	7	1	1
2	13	2	2	4	5	1	6
3	14	0	1	1	1	5	7
Toplam enstitü sayısı	63	21	4	4	13	7	14
En azından 20 saatlik .kaya mekaniği, dersi olan öğrencilerin yaklaşık toplam sayısı	800	0	10	24	143	154	500

*Bu 17 Enstitünün 10 tanesi ne: zemin mekaniği., ne de kaya. mekaniği konusunda Esans programları vermiştir. 7 tanesi, kaya mekaniği, ve jeoteknik programları, vermiştir. 17 örneğin 10'u ise kaya mekaniği konusunda master ve doktora (Ph-D) programları vermektedir.

Jeoteknik bölümü lisans ve master mezunlarının sayısal dağılımları çok benzer özelliktedir. Bu öğrenciler, madencilik (% 21-27) ve tasarım-danışma-inşaat firmalarında yoğunlaşmışlardır (% 41-43). Tahinin edileceği gibi, doktora, öğrencileri öğretim. (% 34) ve araştırma (% 17) ile az düzeyde madencilik (% 9) ve tasarım-danışma-inşaat (%22) alanlarında yoğunlaşmaktadır.

1.8. Kaya. Mekaniği İçeren Lisans Programları

Bu araştırmanın, hedeflerinden birisi de lisans düzeyinde öğrencilerin temelinde kaya .mekaniği okutulması konusunda yapılan uğraşları saptamaya yöneliktir. Bu

aşamada .ağırlık kaya. mekaniği uzmanları yetiştirmek-ten ziyade, öğrencilerin kendi seçtikleri çalışma alanları ile bütünleştirebilecekleri düzeyde kaya. .mekaniğine ilişkin genel, bilgiler sağlanmasına yönelik olmalıdır.

65 üniversite ve enstitü Bakalorya (B.S.) ve Master (M.S.) dereceleri verdiğini bildirmiştir- (mühendislik diploması sistemi uygulayan Avrupa, üniversiteleri bu kategoriye dahil, edilmemişlerdir),

Yukarıdaki sonuçlar (Çizelge 3) lisans öğrencilerinin önemli bir bölümünün kaya mekaniği konusunda bazı genel bilgiler aldığını göstermektedir.

Kaya Mekaniği

Çizelge 4... Aşağıda gösterilen düzeyde kaya mekaniği çalışması yapan enstitülerin sayısı ve yüzdesi.

	Başlıca Lisans düzeyinde	Başlıca Master düzeyinde'	Hem Master hemde lisans düzeyinde	Başlıca " Mühendislik Diploması	Toplam
Madencilik.	13 (%33)	3 (% 8)	14 (%36)	9 (%23)	39(%100)
İnşaat Mühendisliği	8 (%20)	10 (%26)	14(%36)		39(%100)
Jeoloji	4(%19)	8(%38)	2(%33)		21(*100)
Toplam enstitü sayısı					99

1.9. Maden, inşaat Mühendisliği ve Jeoloji Programlarının Düzeyinin Kıyaslanması

Yukarıdaki Çizelge 4 lisans düzeyinde kaya mekaniği, öğreten madencilik bölümlerinin (%33), inşaat, mühendisliği bölümlerinden (%20) önemli derecede fazla olduğunu göstermektedir.

1.10. ISRM (Uluslararası Kaya Mekaniği Kurumu) komisyonunun Kaya. Mekaniği Öğretiminde Yardımcı olabileceği Durumlar/Yollar;

Soruları yanıtlayanlardan pek çoğu tipik, kurs programlarının, zamanlamasına ve içeriğine ilişkin kopyalarının ISRM tarafından dağıtılmasını istemektedir. Bunlardan bazıları maden mühendisliği, ve inşaat, mühendisliği gibi farklı disiplinler için tipik müfredatların hazırlanmasını önermiştir. Bu komisyon diğer üniversitelerde uygulanan kaya mekaniği, kurslarının ve programlarının bazı örneklerini sergileyerek bu yorumlara katkıda bulunmuştur.

2.KAYAMEKANİĞİKONUSINDAKİ KURSLARIN VE METİNLERİN ÖRNEKLERİ

Kaya. Mekaniği Öğretimi Komisyonu, çeşitli üniversitelerde uygulanan kaya. mekaniği kurslarının genel hatlarını esas alarak genel kurs örnekleri düzenlenmiştir. Bu örneklerin, amacı, öğretmene kendi kurs programını geliştirmede yardımcı olabilecek fikirler sağlamaktır. Bu genelleştirilmiş örnekler, kaya mekaniği kursu, içeriğine ilişkin resmi önerileri temsil etme eğilimi taşımamaktadır. Kaya mekaniği kurslarında kullanılan metinler araştırma formlarında verilen yanıtlardaki bilgilerden özetlenmiştir. Bu ders notlarının bazıları sa-

dece yerel olarak bulunmakta, diğerleri, ise daha geniş bir kitleye ulaşabilmektedir. Kaya. mekaniği, kurslarının pek çoğunda periyodik dergilerdeki ve bildiri kitaplarındaki yayınlar da referans olarak kullanılmaktadır.

2.1. Kaya Mekaniğine Giriş konusunda Lisans Düzeyindeki Uygulamalı Jeoteknik Mühendisliği Kursu,, Genel İnşaat. Mühendisliği Bölümü Müfredatı: 40 saatlik ders,,

Önkoşul: Zemin ve kaya mekaniği özelliklerine giriş kursu (temel ağırlık zemin konusunda)

1. Jeoteknik mühendisliğindeki uygulamalı sorulara giriş bu soruların zeminin ve kayanın dayanımı, sıkılaşabilirliği geçirgenliği gibi özellikleri ile ilişkisi»

2. Proje üzerinde önemE zemin ve kaya ocellMeriinin. indeksnmesL

2.1. Zemin özellikler.

2.2... Kaya özellikleri.: sağlam, (intact), eklemli, ve kaya kütlesi özellikleri: Karot çalışması; arazi gözlemleri,

3. Sömerlerin/ayak temellerinin, girişlerin/merteklerim ve kazıkların tasarımı.

3.1. Temellerin tipleri..

3.2. Kil üzerindeki temeller.

3.3. Kum üzerindeki temeller.

3.4. Diğer zemin türleri üzerindeki temeller,

3.5. Kayalar üzerindeki temeller ve kaya kütlelerinin sitoatoiliâif.i.

4. Yer basınçları (earth, pressure) ve zemindeki istinat duvarlarının ve destekli yarmaların tasarımı.

4.1. Yerbasıncı kuramı.

4.2. İstinat duvarları.

4.3.. Destekli kazılar.

4.4.. Sudan arındırma (dewateiing).

4.5. Zemin hareketleri (ground movements) ve hasar.,

5. Kayanın makaslama dayanımına ve kaya yarmafâniMin tasarımıma giriş.

5.1. Kayadaki zayıflıklar boyunca makaslama dayanımı,

5.2. Bir kaya yarmasındaki duraylılığm analizi...

5.3. Destek (tahkimat) sisteminin analizi,

Kaya Mekanikliği

- 5.4. Kazma ve patlatma işlemleri.
- 5.5. Birleşik kaya ve zemin yarmaları.
6. Toprak ve kayalardaki şev duraylılığı (slope stability) sorunları -na giriş.

- 6.1. Analiz yöntemi.
- 6.2. Duraylılığı etkileyen faktörler.
- 6.3. Kontrol yöntemleri
7. Zemin "ve kayalarda" tünel ve yeraltı yapılarına giriş.
 - 7.1. Tünel zemini sınıflaması.
 - 7.2. Zeminde, tünel açma: kazma ve destekleme yöntemi.
 - 7.3. Yüklemeler.
 - 7.4. Hareketlerin kontrolü.
 - 7.5. Kayalarda tünel açma: Kazma ve destekleme yöntemleri.
 - 7.6. Yüklemeler ve ön destek (ilk tahkimat).
 - 7.7. Kaplamalar.

2.2. Master Dizeyi Kaya Mekanikliği Kursu: inşaat Mühendisliği Bölümündeki Genel Jeoteknik Mühendisliği müfredatı.

Bilinci dönem: Kaya davranışı (rock behavior), yüzeyde ve yüzey yakın alanlarda inşaat konularının uygulanması: 40 ders saati.

Önkoşul: zemin mekaniği kursu ile birlikte mühendislik jeolojisi kursuna da kayıtlı olmak.

1. Jeoteknik uygulamalarda kaya mekaniği konusuna giriş: Genel bakış..
2. Kaya özellikleri.
 - a. Kaya Sınıflandırılması, kaya örneğinin, kaya akılcılığının özellikleri.
 - b. Karot alımı ve değerlendirme..
 - c. Sert kayalar için laboratuvar indeks testleri, ve sınıflandırmaları... Tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımı, elastik modüller, hız, sertlik.
 - d. Sondajlarda yapılan indeks testleri..
 - e. Kayanın gerilim-birim deformasyon dayanım özellikleri: Kaya yenilmesi kuramları, üç eksenli özellikler (triaxial properties), üç boyutlu gerilim durumu.
 - f. Zayıf kayanın özellikleri: 1. Tuzda krip (akma) (salt creep), kil akması, bozunmuş kaya. 2. Şeyherin ve bozunmuş kayanın şişmesi» suda dağılılırlığı ve sıkışabilirliği,
3. Kaya kütlelerinin sıkışabilirliği.
 - a. Soranların, çeşitleri: barajlar, yapılar, basınç tünelleri,, kaya-tahkimat etkileşimi.
 - b. Elastik teorisi: denge., uyuşma/bağdaşma, gerilim-birim deformasyon ilişkileri, sınır koşulları..
 - c. Bir tüneldeki iç basınç nedeniyle gelişen yer değiştirmeler (displacements) ve gerilimler.
 - d. Elastik bir yarım-mekandaki (elastic: halfspace) yükten dolayı görülen yer değiştirmeler ve gerilimler.
 - e. Yerinde (in situ) sıkışabilirliğin saptanması.
 1. Yerinde sıkışabilirliğin Laboratuvarda tayin edilen elastisite modülü kaya kalitesi,,, sismik modülite ve eklem sıklığı ile (joint stiffness)

ilişkisi.

2. Yerinde yapılan, testler.
- 3., Kayalarda, oluşturulan temellere ilişkin, saha sorunları.
- f. Sıkışabilirlik sorunlarına örnekler, yumuşak ve sert kayalar.
4. Kaya kütlelerinin gev duraylılığı.
 - a. Şev duraylılığı sorunlarına giriş, gevlerin değerlendirilmesi ve şevlerin değerlendirilmesine ve tasarımına yaklaşımın genel hatları. Araştırma, analiz tasarım seçimi, gözlemler, çareler (iyileştirici önlemler).
 - b. Süreksizliklerin makaslama dayanımı;
 1. Kav anı ı artık makaslama dayanımı
 2. Düzensizliklerin etkisi: Doruk dayanım (peak-straight), yer değiştirmeler.
 3. Eklem dolguları, artık dayanım, donuk dayanım, düzensizliklerin etkisi
 - c. Şev duraylılığı (stabilitesi) analizi:
 1. 2D-boyutlu limit, denge yöntemi..
 2. Üç boyutlu limit, denge- yöntemi.
 3. Yeraltı suyunu etkileri, pasif reaksiyonlar, destek, (tahkimat).
 4. Emme faktörlerinin güvenlik katsayısının ve dayanımların seçimi,
 - d. Şevlerin tasarımı: örnekler; kaya yarmaları,, heyelanlar, açık maden işletmeleri barajlar.
 - e. Araştırmalar, gözlemler ve aletler ile yamaç ölçümleri.

İkinci dönem: Yeraltı yapılarının inşaatı, kaya kazıları ve destekleri konusuna ağırlık: 40 ders saati

Önkoşul: Kaya mühendisliği bilinci dönem, kursun. izlenmiş olmak,

1. Giriş: Yeraltı inşaatları ve tünel açma sorunlarına genel bakış.
2. Yeraltı kazılan çevresindeki kayaların davranışı.
 - 2.1. Tünel yeri koşulları ve bunların kaya indeks özellikleri ile ilişkileri.
 - 2.2. Yeraltı kazılarda gerilim durumu; ölçme teknikleri ve sonuçları..
 - 2.3. Dairesel biçimli açmalar (circular openings) ve dairesel olmayan açıklıklar çevresindeki elastik gerilimler.
 - 2.4. Kaya patlamaları ve gerilim sorunları.
 - 2.5. Kazılar çevresindeki, elastik gerilimler ve yer değiştirmeler.
 - 2.6. Gevşeyen zemin, sorunları ve katmanlaşmanın, eklemelerin ve makaslama zonlarının gerilim, üzerindeki etkisi ve açıklıklar çevresindeki yer değiştirmeler ve duraylılık.
 - 2.7. Yeraltı açıklıklar çevresindeki ezilme, krip (akma) davranışı.
 - 2.8. Açıklıklar çevresindeki ufanmalar ve şişmeler.
 - 2.9. Açıklıkların duraylılığı üzerinde: yeraltı, suyunun etkileri.
 - 2.10. Açıklıklarda ortaya çıkan gazlar.
3. Kaya yamaçları ve dik duvarlar için kazı ve destekleme işlemleri.
 - 3.1. Destek tipleri desteklerin seçimi.
 - 3.2. Kazı işlemleri: patlatmalar, kontrollü patlatmalar; titreşim kontrolü.
 - 3.3. Kazıda, izlenecek sıra ve yakındaki yapıların de »tekleme s i (korunması).

Kaya Mekaniği

- 3.4. Kaya yarmalarının taşınımı ve performansı.
4. Tünellerin açılması ve desteklenmesi.
 - 4.1. Destekleme sistemlerinin seçimi, ta&annu ve işlerliği: Kaya saplamaları, tıkaçlar ve çelik örgüler/kafesler, beton ve beton dolgulama; kaya iie destek mekanizması arasındaki etkileşim, nihai kapasite (ultimate capacity) ve gözlenen performans.
 - 4.2. Tünel içindeki patlatmalar.
 - 4.3. Tünel tavanlarının desteklenmesi ve kontrolü
 - 4.4. kazı ve destekleme aşamaları.
 - 4.5. Tünel açma makinaları, ilerleme» çamurlu kazı malzemesinin (tünelden) dışarı taşınması ve değişik zemin koşullarındaki destekler.
 - 4.6. Zemin/Karma aymada (mixed face) tünel açma .
 - 4.7. Ye ralli suyn denetimi.
 - 4.8. Aletli ölçümler.
 5. Büyük açıklıkların kazısı ve desteklenmesi.
 - 5.1. Kazı işlemi sırası ve inşaat, yöntemleri..
 - 5.2. Derindeki boşluklar- (odalar): izlenen performans ve tasarım.
 - 5.3. Sığdaki (yüzye yafan) boşluklar izlenen performans, ve- tasarım.
 - 5.4. Oda-topuk olanakları: Topukların ve; tavanların tasannu ve performansı..
 6. Bir projenin planlanması ve uygulanması,
 - 6.1. Araştırma ve Tünel açma koşullarının araştırılması ve yapım öncesi hesaplan.
 - 6.2. Spesifikasyonlar ve kontrat ilişkileri..
 - 6.3. inşaatın kontrolü ve gözlemler. •
- 2.3. Jeoteknik Mühendisliğinde Master Kursları: Maden ve İnşaat Mühendisliği bölümleri.,
Kaya dayanımı ve. yenilmesi: 18 ders saati..
 1. Giriş: Mühendislik uygulama.niala.onda karşılaşılan kaya dayanımının doğası ve büyüklüğüne ilişkin sorular. Tanımlamalar ve kavramlar-çatlak (fracture),, dayanım (strenght), yenilme (failure),, yenilme (yield) gevrek/kırılgan (brittle) ve sünümlü (ductile) davranış.
 2. Kaya. malzemesinin davranışı. Yan statik tek eksenli sıkışma. lesti-uç koşulların etkisi, örnek, hazırlaması, boyutu ve biçimi.
 3. Gorfenmiş/gömüfir davranış üzerinde test sistemi sıklığının etkisi-yumuşak, sert ve servo kontrollü test makinaları.
 4. Laboraluarda tek eksenli sıkışma testinde (uniaxial compression) kaya. davranışı üzerinde gözlemler gerilim-bi.rim deformasyon eğrileri ilerleyen iki. karakterdeki kırık oluşumu, mikro yapının etkisi.
 5. Çok eksenli sıkışma testleri-test yöntemleri, <y^ ve o^^ün doruk dayanım üzerindeki etkisi.
 6. Üç eksenli sıkışmada deformasyonun me.kanizması gerilim-birim deformasyon davranışı,, hacımsal birim deformasyonlar (volumetric strains). Sıcaklığın etkisi.
 7. Sıkışmada kayacın zamana-bağımlı (time-dependent) davranışı-hi rim deformasyon hızının, kripin, uzun ve kısa dönemli gerilim-birim defoımasyon eğrilerinin etkisi.
 8. Kayanın çekilme ^dayanım-doğrudan ve dolaylı çekme testleri..
 9. İzotropik. kaya. malzemesi, için kopma ve yenilme kriterleri (failure and yield criteria.),, Toplam efektif gerilim, kriteri, Coulomb ve

Mohr kriterleri..

10- Kopma, ve yenilme kriterleri (devamı)-yenilme, kriteri (von Mises, genişletilmiş von Mises, v.s.). ampirik dayanımı kriteri ve buula-nn fcaayaçlara uygulanabilirliği..

11. Griffith çatlak kuramı (Griffith, crack theory)-enerj i duraysızlıg kavramı» tek eksenli çekme ve sıkışmaya uygulanması.

12. Düzlemsel sıkışma (plane compression) için Griffith kuramı. Değiştirilmiş Griffith kuramları-Fairhurst, McClintock-Wakh, Mur-reli,

13.. Süreksizliklerin makaslanma davranışı (Shear behavior of dis-continuities),. Düz, ve pürüzlü kaya süreksizlik yüzeylerinin davranışı; Pürüzlülük, genişleme/uzama (dilation) ve makaslama kuvveli-defomasyon eğrileri, arasındaki ilişkiler

14. ölçeğin, pürüzlülük ve makaslama dayanımı üzerindeki etkisi; Barton'un makaslama dayanımı eşitliliği.

15. Makaslama testi yapma teknikleri- Süreksizliklerin deforme ola-bilirliği. Dolgulu eklemlerin davranışı.,

16. Eklemlerli kaya kütlelerinin davranışı. Jaeger'in tek zayıflık düzle-mi furaıTi-anizotropik kaya ve- çok eklemli kayalara uygulanması.

17. Eklemlerli kayaların dayanımı, (hakkında) laboratuvar ve saha gözlemleri; gözlenmiş ve yenilme (failure) mekanizması. Ladanyi ve Archambault yaklaşımı.,

18. İlk kez veya. daha önceki makaslama yüzeyleri üzerinde gelişen kaymaların jeoteknik sınıflaması, şev duraylılığı: 25 Ders saati.,

1. İnşaat ve maden mühendisliğinde şev dnraylılığı sonullarının doğası. Yanaçlardaki kütle hareketlerinin morfolojik sınıflaması.,

2. Morfolojik sınıflama {devaraj}.Heyelanlan jeoteknik sınıflaması.

3. Plasticité sınırlarını da. içerecek şekilde duraylılık analizi. yöntemlerine giriş..

4. İki boyutta limit denge analizlerine giriş. Sonsuz/belirsiz yamaç (in.tifnitive slope).

5. Sonlu, yamaçlardaki düzlemsel kaymaların analizi.

6,7,8. Dairesel kaymaların analizi-dilimler yöntemi, (method of slices). Bishop yöntemi., İsveç yöntemi, boyutsuz yöntemler v.s.

9. Su yükleri de dahil olmak üzere, dış yüklerin, etkisi..

10. Deprem yükünün etkileri.. Üç boyutlu duraylılık analizi.

1.142,13. Üç boyutlu yenilmelerin /duraysızSıkların kapalı formlar, vektör ve stereografik projeksiyon yöntemleri ile analizi.

14., Devrilme tara duraysızlıkları belirlenmesi ve mekanizması.,

15,16. Şevlerin arazideki davranışı-efektif gerilim, açısından örnek durumların analizi için saha verilerinin derlenmesi.

17. Laboratuvarıda belirlenmiş makaslama dayanımı ile kayma sı-rasında mobilize olan karşılaştırılması.

18. Varolan, makaslama, yüzelerinde veya ilk kez gerçekleşen kay-maların jeoteknik. sınırlamasıL

19. Daha. önceki kayma yüzeyleri üzerindeki kaymalara, ilişkin ör-nek çalışmalar (case studies).

21,22. İlk kez olan kaymalara ilişkin örnek çalışmalar.

23. Zemin ve kaya şevlerinin tasarımına ilişkin yaklaşımlar,

24. Kaya yamaçlarının tasarımına ilişkin örnek çalışmalar.

Kaya Mekaniği

25. Şev gelişimi... Heyelanlar için önleme çareleri.
26. önleme çareleri (devamı).
- Jeoteknik Mühendisliğinde Laboratuvar ve Arazi Teknikleri: 26 ders saati.**
 1. Kuvvet ve gerilimin laboratuvarda 'ölçümüne ilişkin ilkeler.
 2. Labozaturvarda birim deformatsiyon ve gözenek-soyu basıncı ölçümleri.
 - 3.4. Elektronik algılayıcılar (electronic sensors) ile: ölçüm yapmanın ilkeleri
 5. Birim deformatsiyon dalgaları (strain waves) ve dinamik elastik sabitlerin ölçümü.
 - 6.7. Model analizi.
 8. Kayada sondaj yapma (rock drilling).
 9. Jeoteknik loglama ve yönlü karat alımı.
 10. inşaat alanı araştırılmalan-genel ilkeler.
 11. Zeminlere ilişkin, inşaat alanı araştırma tekniklerine giriş.
 12. Zemin örnekleme..
 13. "Soundings", penetrasyon testleri..
 14. Zeminin dayanımının yerinde (in situ) ölçümü.
 - 15,16. Kayada yerinde- gerilim alanı, ölçümü.
 - 17,18. Kayalarda, arazide-yükleme (deformabilite) testleri.
 19. Zeminlerde yerinden gerilim ölçümü.
 20. Zemin basınç hücreleri.
 21. Yerinde dayanım ölçümü..
 - 22,23'. Yer değiştirmelerin izlenmesi.
 24. Piezometreler,
 25. Yerinde- geçirgenlik ölçümü.
 26. Eklemlili kaya kütlelerinde yeraltı suyu akışı.
- 2.4. Kaya Mekaniği Kurslarında Kullanılan Başlıca Referanslar ve Yayınlar.
(Aşağıdaki çeviriler sadece italikle yazılmış yayımları kapsamaktadır).
 1. Mühendislik Jeolojisinin İlkeleri..
 2. Reservuar Mühendisliğinin Esasları.
 3. Kaya Mekaniğinin İlkeleri
 4. Deneysel Gerilim Analizi.
 5. Kömürlerin Dayanımı,, Kırılmaları ve İşletilebilirliği.
 6. Tünelcilik Teknolojisi..
 7. Kaya Mekaniğine Giriş,
 8. Süreksizlik içeren Kayalarda. Jeoloji. Mühendisliği Yöntemleri.
 9. Kaya Şev Mühendisliği.
 10. Elastisite, Kırılma ve Akma..
 11. Kaya Mekaniğinin Esasları.
 12. Mühendislik Jeolojisi ve Jeotekniğin İlkeleri..
 - 13'. Kaya Patlatmalarının Modern Tekniği.,
 14. Zemin Kontrolünün. Felsefesi.
 15. Kaya. Mekaniği ve Kayalarda, inşa edilen Yapıların Tasarımı.
 16. İnşaat Mühendisliğine Uygulanan, Kaya Mekaniği.
 17. Deneysel Kaya Deformatsiyon-Kırılgan Alan.
 18. Kırılgan ve Yan Kırılgan Kayalarda Fay ve Eklemler Gelişimi.

19. Kayaların Kıvrılma ve Kırılması.
20. Jeoteknoloji-Öğrenciler ve Mühendisler için. bir Giriş Teksti.
21. Maden Mühendisliği Elkitabı.
22. Mühendislik Uygulamalarında Kaya Mekaniği.,
23. Tünel Açma Sanatı,
24. Kayalardaki Tünel ve Kuyular.
25. Kayaların Mekanik Özellikleri Üzerine Elkitabı.
26. Metal Madenlerine ve İşletilen Kömür Ocaklarına Düşkin Yöntemler.

3- ÇEŞİTLİ BÖLGELERDEKİ KAYA MEKANİĞİ EĞİTİMİ KONUSUNDA BİLGİLE».

Aşağıdaki notlar okuyucuya dünyanın çeşitli, kesimlerdeki genel eğitim sisteminin, ve özellikle de kaya mekaniği programlarının bölgesel özellikleri konusunda aydınlatmak için sunulmuştur.

3.1. İskandinav / Finlandiya'ya İlişkin Bölgesel Notlar;

İskandinav ve Finlandiya'da Üniversiteler kıta Avrupası geleneğine göre organize edilmişlerdir; buralarda mühendislik, özel teknoloji enstitülerinde öğretilmektedir- (Technische Hoshschulen). İki dereceli öğretim verilir; 4-5 yıllık eğitim ve Mühendislik. Diploması. (Diploma Engineer) ve Ph.D (Felsefe Doktorası)^pnın eşdeğeri, olan. Doktora. (Dr., Ing.) derecesi.

Bu Enstitüler İnşaat Mühendisliği Bölümleri, içermektedirler ve daha büyük enstitülerde ise Maden, metalürji ve Jeoloji Bölümleri de yer almaktadır. Zemin mekaniği geleneksel olarak İnşaat Mühendisliği Bölümünün bir alt bölümü olmuştur, ancak jeoloji» cevher jeolojisi ve mühendislik jeolojisini de kapsamak üzere, maden., metalürji ve jeoloji bölümleri İçinde yer almıştır. Kaya mekaniği bir disiplin olarak kısmen maden., kısmen de bo yörede yapılan yoğun tünel açma çalışmaları nedeniyle gelişmiştir..

Bu bölge jeolojik olarak., hem. çok yaşlı ve genellikle sert kayalardan, hem de çok genç ve genellikle yumuşak zeminler ile karakterize edilmektedir., Bu nedenle zemin mekaniği ve kaya. mekaniği günümüze değin ayrı disiplinler olarak ele. alınmıştır. Bo durum aynı zamanda eğitimi programlarına da yansımıştır., Jeoteknik, alanındaki en. eski akademik disiplin olması nedeniyle,, zemin mekaniği, İnşaat, mühendisliği öğrencilerinin programının "bir bölümünü oluşturmaktadır. Kaya mekaniği kursları normal olarak seçmelidir- ve diğer bir dizi kurs ile birlikte önerilir.. Maden ve jeoloji mühendisli-

Kaya Mekaniği

ği öğrencileri için. kaya mekaniği kursları öğrenim programlarının önemli bir bölümüdür.

Kaya. mekaniği kursları genelde pratik olarak uygulanabilir. Bunun, yanı sıra, araştırmaya yönelik çalışmaların büyük bir bölümü de pratik içeriklidir ve üniversiteler ile madencilik ve tünel açma endüstrisi arasındaki ilişkiler her zaman iyi olmuştur.

3.2. Birleşik Krallık'ta İlişkin Bölgesel Notlar;

Birleşik Krallık'ta (İngiltere, Galler Ülkesi, İrlanda ve İskoçya) üniversiteler geleneksel bölüm (department) anlayışına, göre düzenlenmiştir; öğrenciler derecelerini (mezuniyetlerini.) ilke olarak, bir bölümden alırlar. Bachelorya (lisans) derecesi programları 3 sene sürer, ancak şimdi bazı üniversiteler 4 yıllık programlara geçiş yapmaktadırlar. Kaya mekaniği lisans düzeyinde, maden mühendisliği programlarının temel bölümlerini oluşturur, fakat, inşaat mühendisliği bölümlerinde seçmeli ya da programın, küçük bir bölümü olarak okutulur. Bazı inşaat mühendisliği programlarında, kaya. mekaniği, konusunda olmamakla beraber, jeoteknik mühendisliği konusunda uzmanlaşmak olasıdır. Bachelorya derecesi bazı jeoloji bölümlerinde mühendislik jeolojisinde uzmanlaşma ile birlikte alınabilir.

En yoğun kaya mekaniği öğretimi, çok az sayıdaki üniversite tarafından 1 yıllık master düzeyinde önerilen uzmanlık, derecesi programlarında verilmektedir. Kaya mekaniği, zemin mekaniği veya mühendislik jeolojisi ya da kaya. mekaniği konusunda uzmanlaşan öğrencilere öğretilir' ya da kendi alanında, bir uzmanlık olarak verilebilir. Genel olarak, bu programlarda farklı jeoteknik disiplinlerinde çalışan akademisyenler arasındaki ilişki/işbirliği yüksektir. Bu ileri düzeydeki kurslar, bildiği gibi, dünyanın çeşitli kesimlerinden öğrencilerin katılımına açık olması nedeniyle bölgesel olma özelliği sınırlıdır. Ancak ülkenin güneyi dışında kalan yörelerdeki maden okullarının pek çoğu, öğretim, ve araştırmalarında kaya mekaniği konusunu, kömür madenciliği ve yumuşak kaya uygulamaları alanında, yoğunlaştırmaktadırlar.

Birleşik Krallık'ta doktora derecesi kurs programlarını içermeyen araştırma, üzerine' verilir. Kaya mekaniğinde doktora düzeyinde araştırma, genel olarak madencilik okullarında sürdürülür. Bazı üniversitelerde kaya. mekaniği araştırma programları, yerel kömür madencil-

ği endüstrisi ile yakın bir işbirliğini yansıtır; ancak ülke genelinde doktora (Ph.D.) araştırması, inşaat mühendisliğinin sert ve yumuşak kaya madenciliğinin ve enerji ile ilişkili uygulamaların tüm alanını kapsar.

3.3. A.B.D. İçin Bölgesel Notlar

ABD'de kaya mekaniği çoğunlukla üniversitenin ya inşaat mühendisliği ya da maden mühendisliği bölümlerinde verilir. Kaya mekaniği kursları hem 4 yıllık lisans derecesi programında, hem de 1 veya 2 yıllık master derecesi programlarında bulunabilir.

Maden mühendisliği bölümlerinde kaya. mekaniği kursları çoğunlukla, lisans derecesi programlarında yer alır. İnşaat, mühendisliğinde, programların pek çoğu lisansüstü (graduate) jeoteknik mühendisliğinde uzmanlaşmaya yönelik olması nedeniyle kaya mekaniği başlıca master derecesi, programında yer alır. Çoğunlukla, inşaat mühendisliği bölümlerinde öğrenciler kaya mekaniği kurslarını bazı zemin mekaniği veya genel jeoteknik kurslarına katıldıktan sonra alırlar. Bu programlardan bazıları öğrencilerin, olasılıkla uygulamada karşılaşacakları, çeşitli zemin, ve kaya koşullarını anlayabilmeleri için, zemin mekaniği, kaya mekaniği ve mühendislik jeolojisi alanlarında kurslar almasını öngörmektedir.

Doktora programı, genellikle master derecesi üzerinde bazı kurslar içermesine rağmen, üniversitelerin pek çoğunda ilkel olarak bir araştırma programıdır. ABD'de kaya. mekaniğine ilişkin doktora programları hem inşaat mühendisliği, hem de maden mühendisliği bölümlerinde yer alır.

Üniversitelerin pek çoğunda, araştırmanın büyük bir bölümü federal kaynaklardan desteklenir ve araştırma, bu nedenle ulusal gereksinimlere yanıt vermeye yöneliktir. Araştırma sahası yerlerinin üniversiteye- yakın olması ve araştırmaların yerel ve eyalet bazında, desteklenmesi nedeniyle de, bazı bölgesel araştırmalar' da geliştirilmiş olabilir. ABD'deki jeolojik ve coğrafik koşulların oldukça değişik olması, önemli üniversitelerin çoğunlukla çok çeşitli jeoteknik sorunlar ile ilgilenmesine yol açmıştır. Lisansüstü mühendislik programlarının pek çoğunda diğer ülkelerden gelmiş çok sayıda öğrenci de bulunmaktadır; bu durum programın perspektiflerini genişletmeye yardımcı olmaktadır.

Kaya Mekaniği

• 3.4. Federal Almanya 'Cumhuriyeti İçin. Bölgesel. Notlar;

F. Almanya Cumhuriyeti'nde kaya mekaniği kursları yerel duruma da bağlı olarak inşaat mühendisliği, maden, mühendisliği veya jeoloji bölümlerinde verilir.. Çoğunlukla bu kurslar jeoteknik mühendisliği, mühendislik jeolojisi veya maden mühendisliği kursları olarak düzenlenmiştir. Diploma, programlar genellikle 4 yıllık bir kurs programı ile bitirme- tezini (Diplomarbeit) içerir. Bu programlar kapsamında, temel, programa ek olarak: bazı uzmanlaşma programları da seçilebilir. Kaya mekaniği, konusunda, geliştirilmiş/ileri düzeyde kurslar bu uzmanlaşma alanları kapsamındadır.

Doktora, derecesi arastana üzerine- koruludur ve ek kurs çalışmalarını içermez.

4. ÖZET

4.1. Araştırma Sonuçları

Bu araştırmaya gelen, yanıtlardan,, yanıtlayan üniversitelerin sayısının ve iş bulmuş mezunların sayısının maden ve inşaat, mühendiliği disiplinleri, arasında eşit olarak paylaşıldığı görülmektedir.

1979 yılında, yanıt gönderen 104 üniversitenin yaklaşık yarısı jeoteknik mühendisliğinin ağırlıklı olarak verildiği doktora programlarını içermektedir. Yanıtlayan üniversitelerin yaklaşık dörtte biri yaygın, kaya mekaniği programları içermiştir. Bu üniversitelerde son 8 yılda içten fazla doktora, tezi verilmiş ve- her yıl dörtten fazla, öğrenci kaya. mekaniği konusunda 80 saatten, fazla ders- alarak, mezun olmuştur.

Kaya mekaniği salt bir uzmanlık alanı olarak değil, ayrıca maden, ve- inşaat mühendisliği genel programlar içindeki yeri bakımından da araştırılmıştır, inşaat mühendisliğinde kaya mekaniği çoğunlukla master düzeyinde sunulmakta ve çoğu .kez de lisansüstü zemin mekaniği, programı "ile entegre edilmektedir. İnşaat mühendisliği bölümlerinin pek çoğu master düzeyinde zemin mekaniği konusunda yoğunlaştıkları için, bu .akılcı bir yaklaşımdır; inşaat mühendisliğinde, sadece zemin mekaniğine giriş kursları olmak üzere, lisans düzeyinde daha genel'programlar verilmektedir., madencilikte, kaya mekaniği kursları çoğunlukla, madencilik, okullarının lisans müfredatında, yer' almaktadır. Örneğin

Avustralya üniversitelerinin pek çoğu maden mühendisleri için lisans düzeyinde 1-3 arasında, değişen kaya mekaniği, kursları içerir.

4.2, Giriş Konusu Olarak Kaya. Mekaniği

Okullarda kaya. mekaniğinin,, araştırma konusu ağırlıklı olmaksızın, bir genel giriş konusu olarak öğretilmesine ilişkin bir eğilim vardır,, .Komisyon bu durumun kaya mekaniği, eğitiminde önemli bir nokta, olduğu görüşündedir. Komisyon .aynı zamanda,, bu tür okullardaki akademik üyelerin de desteklenmesine gereksinme olduğunu kabul eder. Bu araştırmaya, gelen yanıtlarda, özellikle kaya mekaniği konusunda uzmanlaşmamış okullar tarafından, tipik müfredat programlarının ve kaya mekaniği kurslarının yayımlanmasına olan gereksinme sık alarak dile getirilmiştir. Bu raporda,» kursların ve programların bazı örnekleri sunulmuştur.

Pek çok mühendislik okulunda lisans düzeyinde toprak mekaniğine giriş kursları verilir. Kaya mekaniği .konusunda bu düzeyde yeterli, bir kurs vermek mümkün. olmamakla beraber, -zemin mekaniğine giriş veya "jeoteknik kurlarında, ""kaya mühendisliği konusuna giriş yapılması arzu edilir ve bu, pek.çok durumda da olasıdır. Öğrencilerin bakış açısı, makaslanmalar, faylar ve eklemler, gibi kayalardaki süresizliklerin önemini, vurgulayan kaya mekaniği konularının konulması ile dengelenebilir. Öğrenci ister zemin., ister' kaya. kütledeki bir süresizliğin dayanımının, .alanmış, bir örnekte yapılan laboratuvar testi ile belirlenemeyecek özelliklere bağlı olduğunu öğrenebilir. Öğrenci bir kaya karotuyla çalışılması ile önemli, kaya özelliklerinin, nasıl tanımlanabileceğini ve çoğu kez de bir kaya karotunda ne tür bilgilerin elde edilemeyeceğini öğrenebilir. Öğrenci hem kaya. hem. de zemin, benzeri özelliklere .sahip şeylerin ve kalıntı zeminlerin (residual, soils) sorunları ile- tanıştılabılır. Aynı zamanda hem zemini hem de kayayı kesen, yüzeyleri ortaya koyan, kazılar, tıne-ile-ı'şevler ve formasyonlara ilişkin, projelerden örnekler sunulabilir.. Bunlara ve diğer örneklere ilişkin müfredat ikinci bölümde sunulmuştur.,

Kaya mekaniği öğretmenine daha fazla, destek vermek için kaya. mekaniği ilkelerini gösteren saydam setleri veya. projeksiyen ile gösterilebilecek setler gibi öğretime yardımcı olabilecek kaynaklar geliştirilebilir',.

Kaya Mekaniği

Saydamlar arazideki kaya koşullarını gösteren örneklerden oluşturulabilir ve bunlar arazide önemli kaya. indekslerinin nicel tanımlamalarını veren ve karşılaşılan mühendislik sorunlarını özetleyen notlar eşliğinde sunulmalıdır.

4.3. Disiplinler Arası İlişki

Pek çok üniversite, kendilerinin diğer jeoteknik disiplinleri (zemin mekaniği ve mühendislik jeolojisi) ile etkileşimlerinin iyi olduğunu belirtmiştir. Bu durum, bir ölçüde, yapılandırma ziyade hedefi yansıtabilir. Üniversitelerin pek çoğu daha fazla bir etkileşime olan gereksinimi dile getirmiştir. Çeşitli üniversiteler, jeoloji camiası arasında uygulamalı sorunlara ilginin yetersiz olmasını jeoloji ve mühendislik arasında yeterli iletişimin elde edilmesindeki zorlukların nedeni olduğuna dikkati çekmişlerdir.

Ancak disiplinler arası 'daha fazla etkileşimin geliştiği görülmektedir. Özellikle inşaat mühendisliğinde, uygulamada karşılaşılan kalıntı zemin ve değişik kayazemin, sorunlarının doğru olarak ele alabilmek için zemin ve kaya, mekaniği konulan bütünleştirilmektedir. Aynı zamanda pek çok kişi (akademisyen) kaya mekaniği programlarının bir parçası olarak jeoloji; arazi kurslarının önemini kabul etmektedir.

4.4. Kaya Mekaniği Uzmanının Eğitimi

Komisyon öğrencilerin gözlemler yapmak ve bu gözlemleri sorunların tanımı ve çözümünde kullanmaları için yetiştirilmelerine ihtiyaç olduğunu vurgulamayı dilemektedir. Bu durumu görmek için jeoloji eğitimi önemlidir; mühendislik eğitimi bu durum ile çözülecek sorun arasındaki ilişkiyi, kurmaya yöneliktir. Bir projeyi etkileyen koşullar kavranamaz veya öngörülemez ise, en iyi analizin veya sınavın herhangi bir anlamı yoktur. Komisyon üyelerinin pek çoğu öğrencilerin sorunu öngördüğü harita yaptığı, log aldığı bir tasan hazırladığı ve aynı zamanda, arazide yerindeki varolan koşulları gözden geçirme ve dolayısıyla öngörüleni (geçerliliğini) sınav olanağı bulduğu arazi çalışmalarının turist-benzeri arazi gezilerinden daha başarılı olduğunu görmüştür. Kaya mekaniği alanında kullanılan gereçler bakımından, çözümsel (analitik) amaçlı önemli gelişmeler olmuştur. Bu gereçler programları uzman olmayan

kişilere aktarabilecek ve mühendis ile öğrenciyi program ile karşılıklı etkileşime olanak verecek "interaktif" grafikler gibi tekniklerin gelişimi ile daha da yararlı olacaktır.

Böylesine yaklaşımların yanlış kullanımını önlemek için öğrenci, ileri düzeydeki analitik tekniklerin altında yatan temel ilişkileri ve hatta bu ileri düzeyde geliştirilmiş tekniklerin* kaya kütlelerinin gerçek davranışı bakımından sınırlı olduğunu anlamalıdır. Bu nedenle, öğrenci malzemenin davranışı ve mekaniği hakkında sağlam bir temel elde etmeli ve aynı zamanda gerçek durumlar ve örneklerle tanıştırılarak bu deneyimlerini bir sorunun çözümünde kullanmayı öğrenmelidir. Öğrenci bir mühendislik sürecinin bir analiz ve sınav olayından öte bir şey olduğunu algılamalıdır. Mühendislik süreci çok daha geniş kapsamlıdır. Bu süreç bir arazinin koşullarını ortaya koymaya yönelik projeyi araştırma ve gözlemleri etkileyen kritik parametrelerin saptanmasını ve daha önceki deneyim ve örneklerin uygun faktörler analizler kullanılarak karşılaşılan soran ile denestirilmesi. değerlendirilmesini kapsar. Maliyet, risk, sözleşme şartları, arazideki koşulları izlemek ve yön vermek, bir tasarımın seçiminde oluşturulmasında zoooünde bulundurulması gerekli öğelerdir.

Bu komisyon bu araştırmaya gelen yanıtlardan ve dünyanın çeşitli yerlerinde kaya mekaniği eğitimi verenler ile kurdukları kişisel bağlantılardan pek çok üniversite için öğrenciyi salt mühendisliğin temel ilkeleri ile bilimsel kuramı konusunda yeterli bilgi ile donatmak değil, aynı zamanda sorunlara, ve sahadaki sorunların araştırma yöntemine yeterli bir mühendislik bakış açısı ile yaklaş, bir program geliştirmesinin ve yönetmesinin zor olduğu, sonucunu çıkarmıştır. Bir fakülte üyesi için öğretmek ve araştırma programı oluşturmak ve aynı zamanda uygulama ile önemli bağlantıları sürdürmek zordur. Genç akademik üyelerin özellikle "yayıncı ya da yok ol" olgusuna itilmeleri nedeni ile en olumlu araştırma çalışmaları bir parça kayanın laboratuvarındaki test makinalarında kırılmaları ile sınırlıdır. Bu araştırmamın bir kısmı, anlamı Tık kısmı ise anlamsızdır. Özellikle bir kaya mekaniği uzmanı malzemesinin doğasını -ki bu bir kayadır- onun sahaya giderek gözlenmesi ve onun hakkında orada öğrenmesi gerektiği görüşünün daima bilincinde olmalıdır.